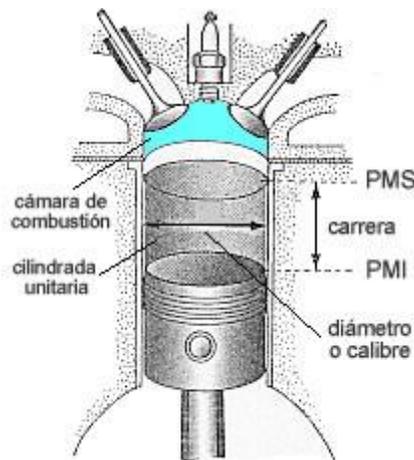


Términos utilizados para el estudio del motor

Los términos teóricos mas importantes a la hora de estudiar un motor son:

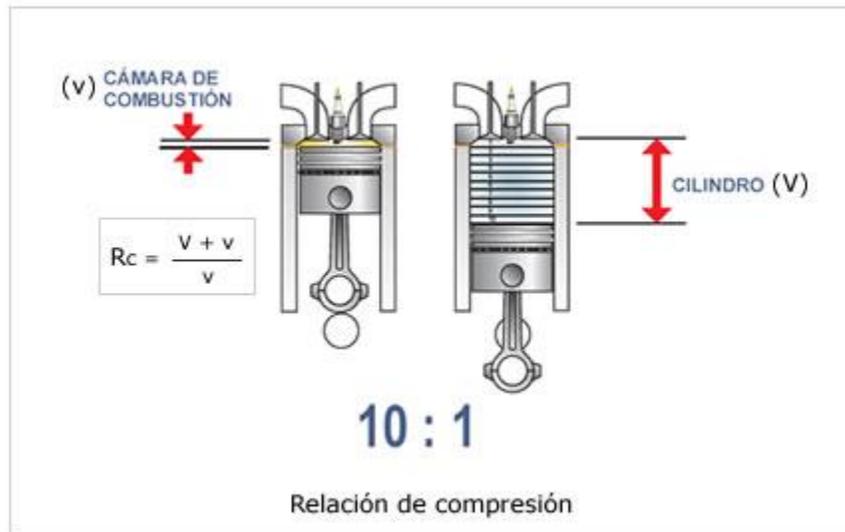
- **Punto muerto superior (PMS):** es cuando el pistón en su movimiento alternativo alcanza la punto máximo de altura antes de empezar a bajar.
- **Punto muerto inferior (PMI):** es cuando el pistón en su movimiento alternativo alcanza el punto máximo inferior antes de empezar a subir.
- **Diámetro o calibre (D):** Diámetro interior del cilindro (en mm.)
- **Carrera (C):** Distancia entre el PMS y el PMI (en mm.).
- **Cilindrada unitaria (V):** es el volumen que desplaza el pistón en su movimiento entre el PMI y PMS. Comúnmente, es expresado en c.c. (centímetros cúbicos) o en litros.
- **Volumen de la cámara de combustión (v):** Volumen comprendido entre la cabeza del pistón en la posición PMS y la culata. Comúnmente, es expresado en c.c. (centímetros cúbicos).



Relación de compresión (Rc): es la relación que existe entre la suma de volúmenes ($V + v$) y el volumen de la cámara de combustión. Este dato se expresa como el siguiente ejemplo: 10,5/1. La relación de compresión (Rc) es un dato que nos lo da el fabricante, no así el volumen de la cámara de combustión (v) que lo podemos calcular por medio de la fórmula de la (Rc).

- La Rc para motores Otto (gasolina) viene a ser del orden de 8 - 11/1. Para motores sobrealimentados la relación de compresión es menor..
- La Rc para motores Diesel viene a ser del orden de 18 - 22/1.

En la figura inferior tenemos como ejemplo que la relación de compresión es de diez a uno. Esto nos indica que el volumen total del cilindro se comprime diez veces para reducirse al tamaño de la cámara de combustión. Esta característica nos da una idea de las prestaciones del motor, su eficiencia y su potencia; en la medida que el número de la izquierda sea mayor, la relación será más elevada y las prestaciones superiores dentro de ciertos límites.



Calculo de un ejemplo real: Volkswagen Passat 1.9 TDi.

Datos:

- Diámetro por carrera (mm) = 79,5 x 95,5.
- Cilindrada = 1896 cc.
- Relación de compresión = 19,5 : 1.

Calculo de la cilindrada a partir del diámetro y el calibre.

$$\text{Sección} = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3,14 \times 79,5^2}{4} = 4963,9 \text{ mm} = 49,63 \text{ cm}$$

$$\text{Cilindrada (V)} = \text{sección} \times \text{carrera} \times \text{n}^\circ \text{ de cilindros} = 49,63 \times 9,55 \times 4 = 1895,6 \text{ cc}$$

Calculo del volumen de la cámara de combustión (v) a partir de la relación de compresión (Rc).

$$\text{Relación de compresión (Rc)} = \frac{V + v}{v}$$

$$19,5 = \frac{473,9 + v}{v} = 19,5 \times v = 473,9 + v$$

$$v = \frac{473,9}{18,5} = 25,61 \text{ cc}$$

Velocidad del pistón

El pistón en su movimiento alternativo alcanza velocidades que van desde cero hasta su velocidad máxima. De este movimiento se puede obtener una velocidad media del pistón que estará en función de la carrera del pistón y del número de revoluciones del cigüeñal.

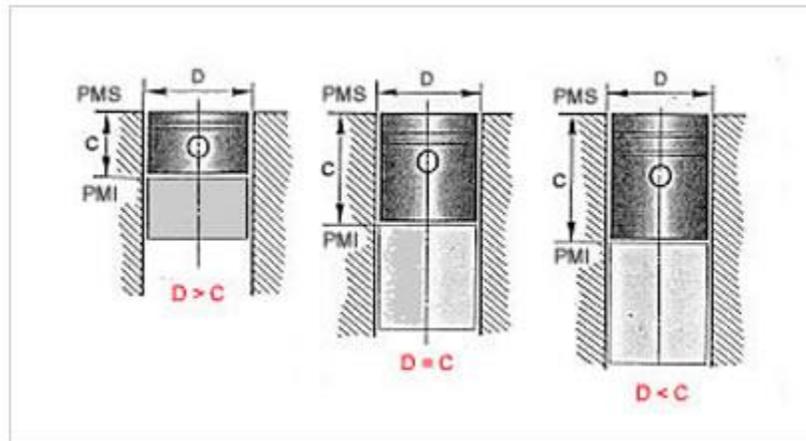
$$V_m = \frac{L \cdot n}{30} = \text{m/s}$$

- V_m = velocidad media del pistón
- L = carrera en metros
- $n = n^\circ$ de revoluciones del motor

Las velocidad máxima que puede alcanzar el pistón se limita, ya que cuanto mas alta sea, mayor será el desgaste de los cilindros y el motor estará sometido a grandes inercias que provocaran mayores esfuerzos a todos los elementos mecánicos del mismo. La velocidad media del pistón normalmente esta comprendida entre 10 y 18 m/s. Para obtener mayor velocidad media del pistón y por lo tanto mayor n° de r.p.m., se construyen motores de carrera mas corta para reducir el desgaste de los cilindros.

En función de la medida de la carrera y diámetro diremos que un motor es:

- $D > C$ = Motor supercuadrado.
- $D = C$ = Motor cuadrado.
- $D < C$ = Motor alargado.



Actualmente se tiende a la fabricación de motores con mayor diámetro que carrera, con objeto de que al disminuir la carrera se reduzca la velocidad lineal del pistón y con ello el desgaste de los cilindros.

Ejemplo real de las medidas de los cilindros:

- Fiat 1.9 TD. $D \times C$ (Diámetro x Carrera) = 82 x 90,4.
- Opel 1.6 i. $D \times C = 79 \times 81.5$.
- Citroen 2.0 16V, $D \times C = 86 \times 86$

Como se ve las medidas son muy dispares.

Las **ventajas** de los motores cuadrados y supercuadrados son:

- Cuanto mayor es el diámetro (D), permite colocar mayores válvulas en la culata, que mejoran el llenado del cilindro de gas fresco y la evacuación de los gases quemados.
- Las bielas pueden ser mas cortas, con lo que aumenta su rigidez.
- Se disminuye el rozamiento entre pistón y cilindro por ser la carrera mas corta, y, por tanto, las perdidas de potencia debidas a este rozamiento.
- Cigüeñal con los codos menos salientes, o sea, mas rígido y de menor peso.

Los **inconvenientes** son:

- Se provoca un menor grado de vació en el carburador, con lo que la mezcla se pulveriza peor, y, por tanto, se desarrolla menor potencia a bajo régimen.
- Los pistones han de ser mayores y por ello mas pesados.
- Menor capacidad de aceleración y reprise.

Potencia del motor

La energía química del combustible se transforma en energía mecánica al empujar los pistones dentro del motor. La energía mecánica o trabajo mecánico es el producto de multiplicar una fuerza por el espacio recorrido. Si por ejemplo, un pistón es empujado con una fuerza de 4000 kilogramos y su carrera es 86 mm, el trabajo desarrollado es:

$$T = 4000 \times 0,086 = 344 \text{ Kilográmetros (Kgm)}$$

Si el trabajo desarrollado se divide por el tiempo empleado en efectuarlo, obtendremos la potencia desarrollada. En el mismo ejemplo anterior, si el trabajo se desarrolla en una décima de segundo, la potencia es:

$$P = \frac{T}{t} = \frac{344}{0,1} = 3440 \text{ Kilográmetros/segundo (Kgm/s)}$$

que expresada en CV es:

$$P = \frac{3440}{75} = 45,86 \text{ CV}$$

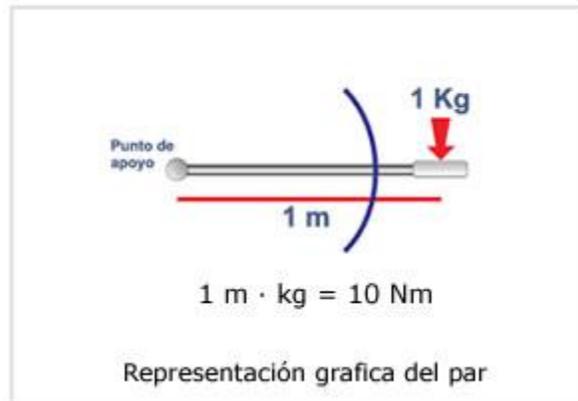
La potencia desarrollada por un motor depende, por tanto, de la relación de compresión y de la cilindrada, ya que a mayores valores de estas les corresponden mayor explosión y mas fuerza aplicada al pistón; también depende de la carrera, del número de cilindros y de las revoluciones por minuto a las que gira el motor.

Equivalencias:

- 1 CV = 0,736 kW
- 1 kW = 1,36 CV

Par motor

El valor del par es el producto de la fuerza aplicada sobre el pistón y de la longitud del codo del cigüeñal. La fuerza que actúa sobre el pistón es proporcional a la presión media efectiva durante la carrera de explosión y expansión. El valor de esta presión media depende del grado de llenado de los cilindros y de la eficacia con que se desarrolla la combustión.



El par motor, expresado en "m.kg" multiplicado por las revoluciones a las que gira el motor y dividido por 716, nos da la potencia desarrollada por el motor en ese régimen.

Por ejemplo para un motor que desarrolla 10 m.kg, girando a 3000 r.p.m., la potencia desarrollada es:

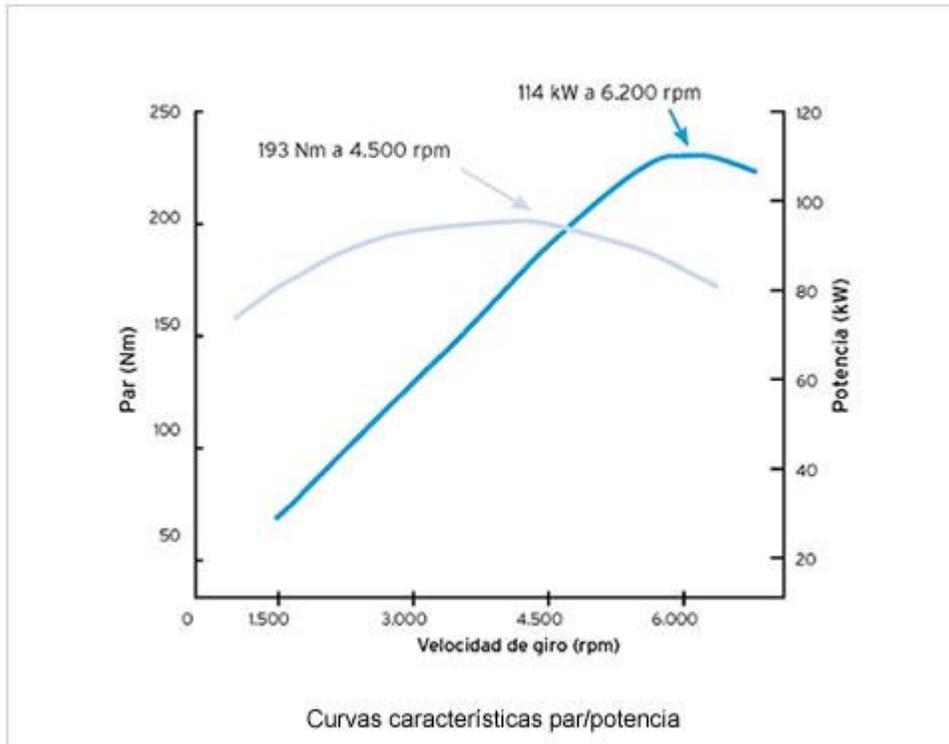
$$P = \frac{10 \times 3000}{716} = 42 \text{ CV}$$

Equivalencias:

- 1 mkg = 9,8 Nm
- 1 daN = 1 mkg

Curvas características Par/Motor

El valor máximo de potencia no coincide con las mismas revoluciones que el par motor, ya que, si bien, este último va en aumento a medida que lo hace el número de revoluciones, llega un momento en que al crecer la velocidad de rotación del motor, los cilindros se llenan de menor cantidad de mezcla, como consecuencia del menor tiempo que esta abierta la válvula de admisión, y, por tanto, la explosión es menor y el par va disminuyendo a partir de un cierto régimen. Sin embargo, con la potencia no ocurre exactamente igual, ya que al aumentar el número de revoluciones hasta un cierto valor, aunque las explosiones sean menores, se producen en mayor cantidad al girar el motor con más revoluciones y, en consecuencia, aumenta la potencia hasta un límite de régimen del motor más alto que en el par motor.



nº de revoluciones del motor

El régimen de funcionamiento de los motores está limitado por las fuerzas de inercia que presentan los sistemas de movimiento alternativo para cambiar de dirección y por el tiempo disponible para la mezcla y combustión de la mezcla y llenado de los cilindros.

En los motores Otto (gasolina), debido a que para la formación de la mezcla disponen de toda la carrera aspiración y compresión, se puede conseguir, en ellos elevadas revoluciones, pudiendo fabricarse motores de gran potencia con una estructura relativamente ligera.

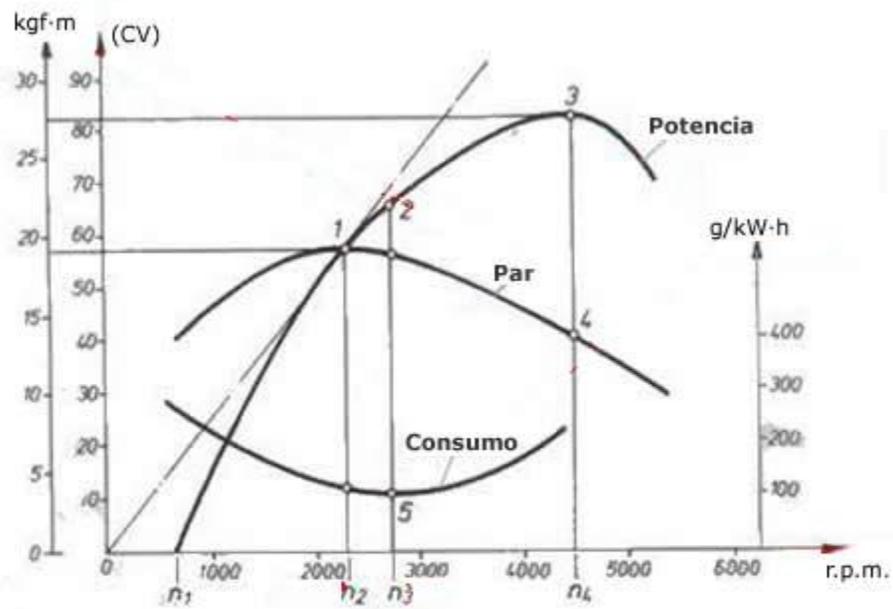
Sin embargo los motores Diesel, al disponer de poco tiempo para la carburación y combustión de la mezcla, no pueden alcanzar revoluciones por lo que debe recurrirse a aumentar la cilindrada para aumentar la potencia.

El número de revoluciones limita el llenado correcto de los cilindros y, por tanto, el rendimiento volumétrico, ya que a mayor velocidad de funcionamiento la entrada de gases tiene que ser más rápida.

Consumo específico de combustible

Se define como la relación que existe entre la masa de combustible consumida y potencia entregada. Se obtiene en el banco de pruebas y se expresa en $g/kW \cdot h$ (gramos/kilovatio· hora).

El consumo de combustible depende de muchos factores, pero principalmente del rendimiento térmico de la combustión y del rendimiento volumétrico. El rendimiento térmico aumenta con la relación de compresión, por eso los motores Diesel que tienen una mayor relación de compresión, tienen menos consumos.



- | | |
|--|---------------------------------|
| 1.- Par máximo | n1.- Velocidad mínima |
| 2.- Potencia de mínimo consumo | n2.- Régimen óptimo |
| 3.- Potencia máxima | n3.- Régimen de mínimo consumo |
| 4.- Par correspondiente a la máxima potencia | n4.- Régimen de potencia máxima |
| 5.- Mínimo consumo | |

Curvas características del motor